

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ОБРАЗЦОВ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Р. Н. Сергеев, О. А. Журавлев

*Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет),
RomanSR@yandex.ru*

Одним из важных этапов стендовой отработки космических аппаратов (КА) являются испытания с имитацией температурных нагрузок. В общем случае температурные поля изменяются во времени, неравномерно распределены по поверхности и толщине конструкции [1]. Это приводит к нестационарным температурным полям деформаций элементов конструкции. Определение их расчетным путём затруднительно или невозможно в силу большого количества переменных.

Для проведения регистрации температурных деформационных перемещений необходимо применять такие методы, которые позволяют получать информацию во всех точках конструкции в реальном времени, бесконтактно с высокой чувствительностью и точностью. К таким методам относится цифровая спекл-интерферометрия с импульсным или непрерывным лазером [2].

Для проведения температурных испытаний был разработан измерительный комплекс на основе стационарного ЦСИ с источником непрерывного излучения и соответствующим программным обеспечением, позволяющим производить запись неустановившихся температурных деформаций [3]. В качестве объектов исследования были выбраны образцы из листового материала и сотовых конструкций. Образцы сотовых конструкций были выполнены из алюминиевых сплавов. Данные образцы поочередно закреплялись на оптическом столе стационарного ЦСИ и имели защитные экраны для выделения нагреваемой поверхности. В качестве источников температурного нагружения использовались генератор теплового потока в виде фена и радиационный источник тепла – электрическая плитка с закрытой спиралью. Температура поверхности образцов определялась с помощью лазерного пирометра. Разница температур между нагреваемой поверхностью и поверхностью регистрируемой с помощью ЦСИ не превышало 1,5-2 °С.

Характерный вид изменяющихся во времени спекл-интерферограмм листового образца, жестко закрепленного в металлической рамке и нагреваемого с помощью электроплитки, расположенной на расстоянии 200 мм, представлен на рис. 1.

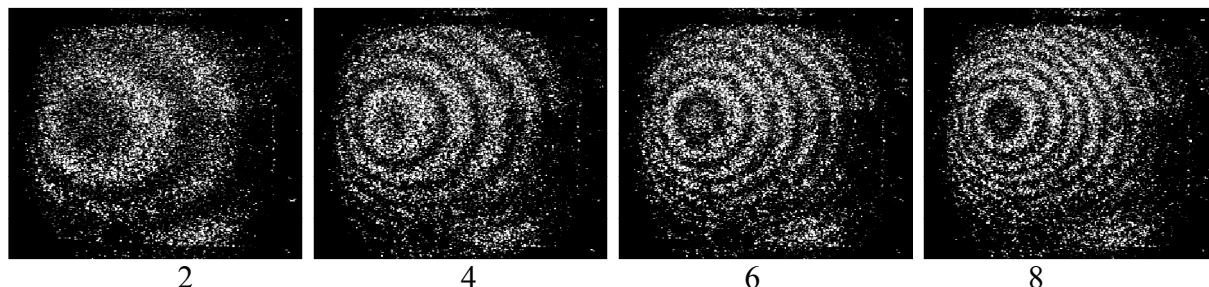


Рис. 1 Изменение во времени (в сек.) спекл-интерферограмм температурной деформации алюминиевой пластины, закрепленной в рамке, в процессе нагревания

Следует отметить, что начало регистрации спекл-интерферограмм соответствовала некоторому предварительному прогреву образца. Наличие максимальной величины изгиба (судя по распределению полос на рис. 1) не в центре, а в левой части пластины, должно быть связано с соответствующим расположением

массивного основания с правой стороны рамки и с процессом отвода тепла от исследуемого образца в основание за счет теплопроводности конструкции. Кроме равномерного нагрева образца контролировался процесс динамического перехода его к остыванию при резком исключении источника тепла путём его уноса в сторону.

На рис. 2 представлены спекл-интерферограммы, отражающие динамический процесс перехода к остыванию образца. Характерной особенностью здесь является временная разориентация полос спекл-интерферограмм температурной деформации пластины (см. моменты времени от 16 сек по 19 сек).

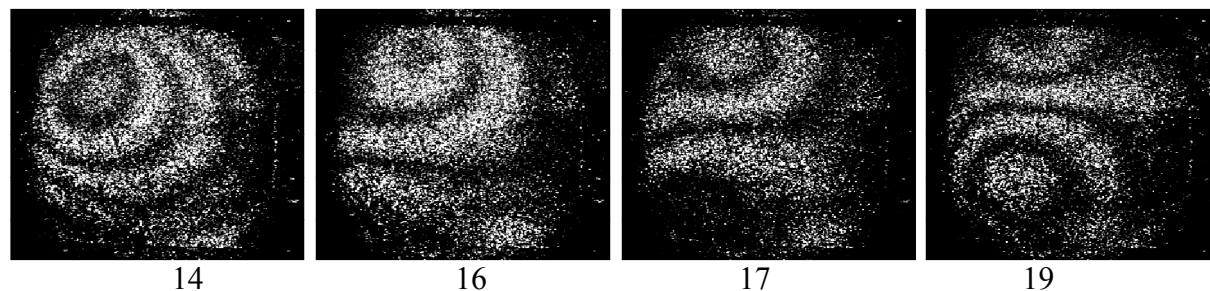


Рис. 2 Изменение во времени (в сек.) спекл-интерферограмм температурной деформации пластины после исключения источника нагрева

Важным фактором является экспериментально выявленный процесс самопроизвольного перехода спекл-интерферограмм на рис. 3 к дальнейшему наращиванию числа интерференционных полос в процессе остывания образца.

Можно предположить, что на рис. 2 регистрируется момент времени, когда температурное поле образца соответствовало началу процесса записи спекл-интерферограмм (кадры в моменты времени от 16 сек по 19 сек). Тогда на рис. 3 регистрируется процесс дальнейшего остывания пластины, при котором она возвращается к исходной (комнатной) температуре.

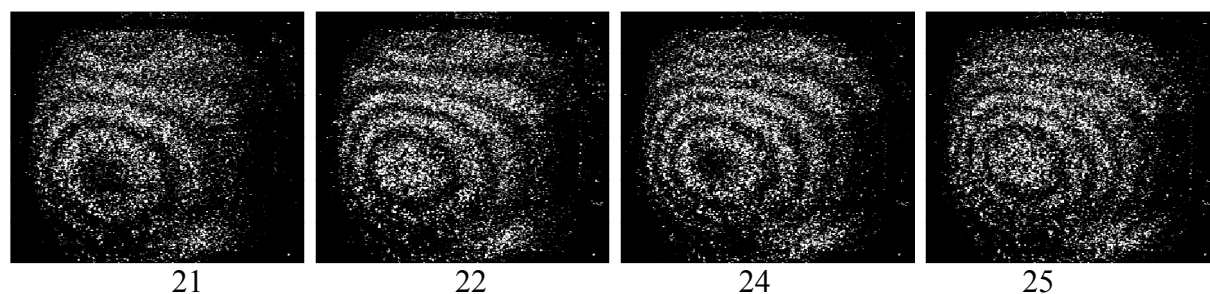


Рис. 3 Изменение во времени (в сек.) спекл-интерферограмм температурной деформации алюминиевой пластины при равномерном остывании

В работе представлены также результаты исследования динамических процессов температурного нагружения и остывания сотовых образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы отработки прочности ракетно-космических конструкций / А. В. Кармишин, А. И. Лиходед, Н. Г. Паничкин, С. Н. Сухинин. М.: Машиностроение, 2007. 480 с.
2. Рябухо В. П. Спекл-интерферометрия // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7, №5. С. 102-109.
3. Сергеев Р. Н. Применение цифрового спекл-интерферометра с непрерывным лазером для исследования неустановившихся температурных деформаций // Известия СНЦ РАН. Т. 13, №4(2). 2011. С. 628-631.